国会図書館第 23 回保存フォーラム「地震に対する図書館の備え-良かったこと、分かったこと」レジュメ

地震による書架の転倒及び資料落下防止策について　121220 柳瀬寛夫

Ⅰ.改めて建築の「強さ」を考える

子どもワークショップを再現します。：建築**「構造体」**の強さの仕組みを紹介。

① 個は弱くても集まれば強くなるように組み合わせる（チームワーク）

② 同じ部材でも使い方や加工によってより強くできる（コーチング）

→戦後の耐震政策は崩壊しない構造体づくりに主眼が置かれていた。今回の震災において、昭和 56 年以降「新耐震基準」に基づき設計された建築躯体の地震被害が少なかったのはその成果といえる。今は**「構造体」**よりも**「非構造部材」**の破損や落下対策が急務である（笹子トンネル天井崩落事故も非構造部材の問題)。

Ⅱ.日本図書館協会施設委員会の活動報告から

「第 33 回図書館建築研究会・東日本大震災に学ぶ」にて、＜施設安全のためのチェックポイント＞のうち、「3.非構造部材-起こり得る問題と対策」「4.家具類-本の落下対策を中心に」と題する報告を行なった。(詳細は添付資料-1 参照)

東日本大震災は現代図書館が開館中に見舞われた初めての大地震であった。資料落下は多くの図書館で発生したものの、落下する際の衝撃による重大な人的被害は報告されていない。むしろ「落下した本が床一面に広がり避難しづらくさせること」「本を書架に戻すのに膨大な人力と時間を要したこと」の問題、逆に「資料を振り落として身軽に出来なかったことにより転倒した書架もあったのではないか」など、多視点による検証が必要であることが浮き彫りになった。

資料の落下防止策には複数の選択肢があるが、前提として、

①書架の強度、耐倒壊性の確保（資料が落下しない→積載重量が揺れを加速→転倒の危険性を高めることに注意）　②日常の利便性への影響（取り出しにくい等）を想定しておくことなど、事前に総合的な検証が必要であり、確信を得てから導入すべきと考える。

Ⅲ.載せられる重さは、建築用途により、また室ごとに違うことを知っておく

建築を設計する時には自重（建築自身の重さ）とともに、建設目的の実況に応じて積載荷重（後から載せられる物の重さ）を設定する。重くなる前提で構造計算すればそれだけ頑丈になる。ただし建設費も向上する。集密書庫は開架エリアより 2 倍重く設定するので、全ての個所に将来集密書架がおけるように設計したら確実に予算オーバーする。よって合理的かつ経済的に、通常の建築は、建築用途ごと、また室ごとに載せられる重さが違うことを周知しておく必要がある（実際は相当の余裕を持っているものだが‥)。例えば、学校や庁舎など他の用途から転用された図書館で、改修当時は書架間隔を広げるなど積載荷重を抑えていたが、年々収容数が増えて当初改修条件を超えてしまっている事例はあるはず。また事務室等に書庫を増設している図書館など、書架倒壊以前の建築全体の安全性確保の問題として再検証を勧めたい。(参考：添付資料-2.「第 30 回図書館建築研究会・図書館建築・既存施設からの転用を考える」より、拙稿参考資料「構造・積載荷重条件-「学校から図書館へ転用する場合に制約について」)

Ⅳ.安全性にかかわる具体的配慮の事例

① 日進市立図書館 非常時の安全性は日常の延長線上にある。日常への配慮により、2012 年度内閣府バリアフリー・ユニバーサルデザイン推進功労者表彰（内閣府特命担当大臣表彰優良賞）受賞（館種を問わず図書館として初受賞）　②麗澤大学校舎「あすなろ」（書架以外の非構造部材の参考として）などを、事例として取り上げる。

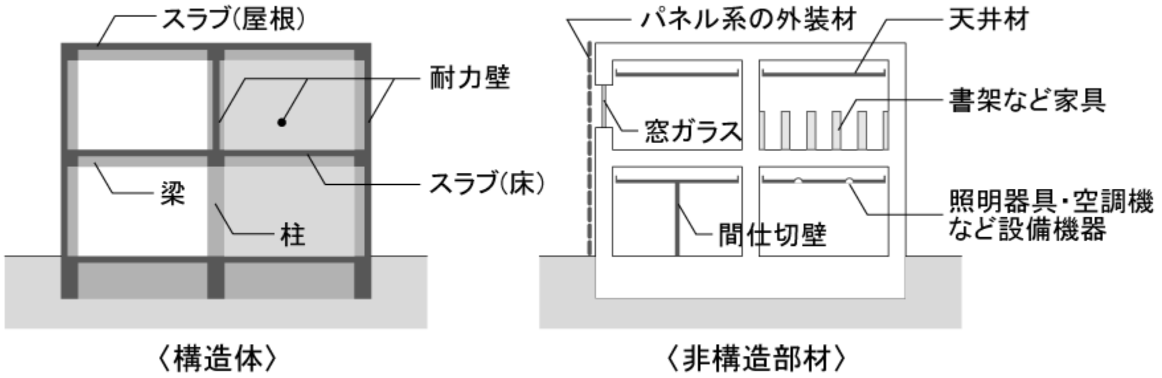
３．非構造部材ー起こり得る問題と対策

柳瀬寛夫
（社）日本図書館協会施設委員会委員／岡田新一設計事務所

１．構造体と非構造部材

現代建築は、これまで地震や火災などによる大きな被害が発生するたびに、法基準の改正が行われ、その抵抗力を高めてきた。耐震性能もそのひとつで、特に 1981（昭和 56）年改正以降の新耐震基準に従って設計された建築の、構造体（骨組み）にまで及ぶ壊滅的被害は少数であった。津波や液状化による被害も、地中への根入れの浅い上下水道管路のようなインフラや家屋に比べ、基礎の深い構造体は限定的だった。

それだけに今回改めてクローズアップされたのは、「構造体」と比較し、多種多様な「非構造部材」は、被災しやすさを積み残しているという現実である。



２．「非構造部材」の種別

広義に捉え、大まかに 3 つに分類してみたい。家具系は次章にて詳述する。

① **構造系**：構造体でない外壁、内壁など
② **仕上・設備系**：天井材、内外装材、窓ガラス、照明器具・設備機器など
③ **家具系**：書架、物品棚、デスクなど

２-１．「構造系」非構造部材

（１）　構造体との違い

本論では、地震や台風などの外力に抵抗する強さに寄与しない壁などを、「構造系」非構造部材と称する。「構造体」と見分けがつきにくいので、その部位の損傷が、建築全体の危険につながる壊滅的被害なのか、限定的なものなのか判断が付きにくい点をこの項では強調したい。

鉄筋コンクリート造の壁であっても、建築物の強さに貢献する壁「耐力壁」※1（鉄筋コンク

リート造では特に「耐震壁」とも呼ぶ）と、そうでない「非耐力壁」が存在する。柱・梁による構造グリッドから外れている壁や、ドアや窓など開口面積の比率が一定以上の壁などである。また、あらかじめ工場で製作したコンクリート系パネル※2を、構造体に取り付けて内外壁をつくる工法もある。

今回の震災では、主要な構造体に損傷はないものの、こうした「非耐力壁」の損壊例が目立った。

※1 一般的な構造設計では、目標とする耐震性能を満足するように耐力壁を「設定」するのであるが、1981（昭和 56）年改正の新耐震基準以降、特に重視されるようになったのが全体のバランスである。空間構成や遮音などの機能面から必要とされる鉄筋コンクリート造の壁でも、建築の一方に偏ってバランスを欠くとみなされる壁は「耐力壁」と設定しない。鉄筋コンクリート造の壁の場合は、あえて柱･梁との間にスリット（防水対策をした隙間充填材）を入れ、つながりを切る。あるいは簡単なパネル壁に変えるなど、建築全体の構造要素のバランスを整えるようになってきた。

※2 コンクリート系パネルの種類：ＰＣ版（プレキャスト・コンクリート）、ＡＬＣ（軽量発泡コンクリート）、押出成形セメント板など

「構造体」である柱に入ったクラック（ひび割れ）。建築の強度に影響するので、確実に修復する必要がある

鉄筋コンクリート壁ではあるが、開口部の比率が多いので「非構造部材＝非耐力壁」として設計されている。大きなクラックや一部コンクリートが剥落して鉄筋が露出しているが、全体の強度には影響しない。次の震災に備えた修復方法は、構造体（柱、梁）と縁を切る、内壁は乾式ボード壁に置き換えるなど

（２） 被災の原因と、それを踏まえた設計上の対策

このような「非耐力壁」は、いわば自立できればいいので「構造体」よりも弱い。

そもそも建築物が、「自重、積載荷重、積雪、風圧、土圧及び水圧並びに地震その他の震動及び衝撃に対して安全な構造」であるための力学的役割は、もっぱら構造体が受け持つ。大きな外力を受けた場合、構造体は耐えながらも、設計上許容範囲内の変形を伴う。（ちなみに、もとに戻る「弾性変形」に対し、限界を越え歪を残すことを「塑性変形」という。）

「非耐力壁」は構造体に固定、つまり身をゆだねているので、このような構造体の揺れや変形に追従できない場合に損傷する。それは構造系はもちろん、仕上系の「非構造部材」にも共通する損傷の主因である。

構造体の変形する力が直接伝わった時に、「非耐力壁」は壁厚、配筋量に劣るため、クラック（ひび割れ）が出やすく、受ける力の集中する部分は破壊されやすい。仮に「非耐力壁」がそうなっても建築の崩壊、倒壊に直接結びつくわけではない。よって、大地震に見舞われ

ても崩壊せず人命を守ることを目標に「構造体」の強化が図られてきた歴史のなかでは、被災範囲が「非耐力壁」に留まるのは一つの成果といえるが、実際は、破損部分の落下など危険を伴う。また、「非耐力壁」の付いた柱や梁に過度の負担が掛かることもわかってきた。

そこで、「非耐力壁」と構造体がお互いに悪影響を及ぼさないように、間にスリットを設けるなど、縁を切る構造設計手法は、1995 年「阪神・淡路大震災」以降、さらには 2007 年「構造技術基準解説書」の改定以降、徹底されるようになってきた。

したがって、1981（昭和 56）年改正の新耐震基準以降の設計であっても、程度の差はあれ、大地震時には「非耐力壁」の損傷はありうると考えておきたい。よって、日常の防災対策の一環として、構造設計図をもとに建築全体に渡り「耐力壁」の位置を確認しておくことが、いざという時の安全性の判定に有効なはずである。

（３） 既存建築の「構造系」非構造部材の対策

鉄筋コンクリート造の「非耐力壁」は、変形に対する追従性がないため、そのままでは如何ともしようがなく、これから設計するのであれば、（コスト増になっても）配筋を増やして耐力を向上させておくなどの対処はできるが、使用中の既存建築に対しては、それができない。

ただ、正常に設計および施工された建築であれば、構造体が耐えうる大地震時の層間変形（1/100）程度※3では、大きなひび割れや剥離等は生ずるものの、全体がバラバラと崩落することはなく、人命に大きく危害を及ぼすものではない。

しかし、それも許容せず、より安全度を高めたい場合には、以下の対応策がある。

① 壁表面を覆う補強を施す（例えば繊維シートを貼り付けるなど）

② スリットを設け、縁を切る（耐震改修では一般的改善法）

※3 層間変形とは、上階との水平方向のずれで、階高４ｍとすると、1/100 は上下階に４ｃｍのずれが発生することを意味する。

また、最も危険な「非耐力壁」は「コンクリートブロック積の壁」である。

最近の建築では採用されなくなってきたが、一昔前までは一般的な工法で、特に古い建築では配筋が入っていない、あるいは配筋は入っているものの構造体にアンカー（固定）されていない可能性が高い。

① 崩壊防止の補強を行う

② 撤去して乾式壁（軽量鉄骨下地ボード張など）に置き換える

などの安全対策が必要かどうかも、調査ポイントの一つである。

いずれにしても、構造設計図や竣工図にて、壁面の種別（構造・仕様）を把握することが対応策の第一歩といえる。

２−２.「仕上・設備系」非構造部材

（１）種類

人へ危害を与えるものとして警戒したいのは、

① 頭上等へ落下・飛散するもの

② 転倒により直接危害を与えるもの

③ 避難経路をふさいでパニックなど２次災害を引き起こすもの

などが挙げられる。

特に、天井材、照明器具や設備機器、窓ガラスのほか、吹抜けや階段室周りでは、モノの落下を防ぐ手すりの構造などに注意したい。

なお、今回の震災における個々の図書館の被災状況や見解は、他委員の報告を参照いただきたい。本稿では、一般論として押えておくべき内容をまとめる。

（２）天井材

一般的に、「天井」は、構造体（上階の構造床）から吊るした鋼製下地材または木下地にボードやパネルを留め付ける工法でできている。

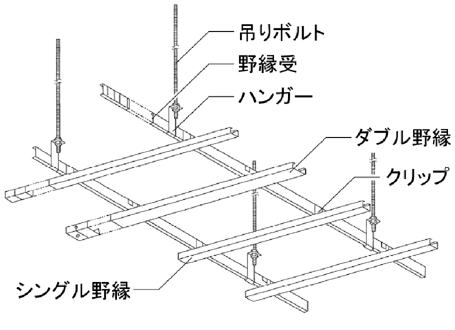
国土交通省は、2001 年芸予地震や 2003 年十勝沖地震での天井落下被災を踏まえ、吊りボルトの長さが 1.5mを越える場合の「振れ止め」（天井の揺れを抑える斜め材）の補強方法、比較的大きく重量のある天井の場合には壁面との「クリアランス（隙間）」を 5～10ｃｍ確保するなどの指導を通知している。

しかしながら、「振れ止め」で天井全体を一体化させることは揺れの周期を短くすることにつながり、それが構造体の固有周期に近くなった場合、共振（天井の揺れを大きくさせてしまう）現象を引き起こし、損壊しやすくなる恐れもあるなど、天井落下の原因は単純ではない。構造体との関係性のなかで、ふところの深さ（吊りボルトの長さ）、天井面積、天井の材質や工法による重さ・剛性（揺れへの追従性のなさ）、下地吊り材の外れやすさなど、多くの要因が絡んでいる。

下の写真を比較すると、部分的に天井材のみが下地からはがれて落ちる現象、下地材もろともに落ちる現象には、それぞれにそうなりやすい主因がありそうで、今後各機関から公表される原因分析報告などに注目していきたい。前提として、天井は重力というひとときも避けられない外力を全面に受ける。地震力もその重さに応じて過酷さを増す。また、上階になるほど揺れ幅が大きくなることなどを念頭に置きたい。

壁と接するボードの落下例。軽量鉄骨下地は残っている。

下地を含め全体が落下。7階で揺れ幅が大きく、共振現象もあったと推定される



一般的な軽量鉄骨下地の組み方（下から見上げ図）

今後の設計や改修では、以下の対応が効果的と考えられる。
① 天井の面積を小さくする（梁を露出し、その間で区切りをつけ小割りにするなど）
② 天井と壁の接線のディテールを工夫し、壁との衝突衝撃力を減らす
③ 天井材を軽くする（グラスウールや膜材など。ちなみに今回の地震で天井が落下した「日本科学未来館」は、軽量で変形に耐えやすい膜材料で復旧している）
④ 天井を張らず、天井ふところ（設備機器やダクトなど）を露出するデザインとする
⑤ 天井下地材の強化。特に「吊りボルト」「野縁受」「野縁」をそれぞれ緊結する金物「ハンガー」「クリップ」の強度が問題視されている。その補強を施す、あわせて今後の改良品にも期待したい　など

既存図書館では、開架スペースや大会議室など、天井面積の大きい室からチェックする。
① 天井材にずれ、ゆがみ、割れ、水漏れ痕など、異常（落下の原因ともなる）がないか点検
② 天井ふところ内をのぞいて吊りボルト、下地材を点検
③ 必要に応じ、下地材の補強を施す、設備機器更新などにあわせて張り替える
④ 落下防止ネットを天井下に張る方法を最も有効な方法として推奨する専門家もいる（意匠的な工夫が難しいが、一つの手法として覚えておきたい）
などの対応を、現状調査に基づき検討する。

（３）照明器具

照明器具のうち、「天井面に取り付けたもの」「天井から吊下げたもの」の落下防止に留意したい。

直管蛍光灯などの照明器具は、上階の構造体に、天井とは別の吊りボルトで固定する。

天井直付および単独の吊下げ型照明器具が落下（ぶら下がり）した例

連続吊下げ照明器具の落下例

空調吹出口（アネモ）が落下した例

落下原因としては、
① 落下する天井材に引っ張られる
② 個別の吊りボルトに取付けるのではなく、天井に留めただけの場合、抜け落ちることがある
③ 吊下げ型照明器具が揺れて壁や天井にぶつかり破損する
などがあり、

これからの設計及び既存図書館でのチェックポイントとしては、以下が挙げられる。

① まずは、構造体あるいは強固な支持材への確実な取り付け。必要に応じ、天井材用とは別の照明器具用の振れ止めや脱落防止のワイヤーなどを設置する

② 経年劣化、特に取付金物の腐食、緩み、変形等の点検　など

天井付のスピーカーなどの機器も、同様の対策を施す。

（４）設備機器

天井面に設置する「空調機」も重量物なので、構造体に強固に取付ける。表面パネルにはワイヤーなど脱落防止装置を確実に付けておきたい。

今回の震災で、被害が目立ったのは「防振架台に設置した機器」の倒壊である。機械室内の空調機や、屋上・バルコニーなどに設置された室外機は、振動防止のためのスプリングやゴムを挟んで取り付ける。その取付ボルトが破断、倒壊した事例が多い。

また、「高架水槽」が内部の水の揺れで動き、配管が破断、水漏れした事故もあったが、応急処置となる緊急遮断弁の設置は必須である。

その他「各種配管」では、天井付のスプリンクラー、インフラの建築への導入部などが破断しやすいが、特に問題となりやすい接続部には、蛇腹式などのフレキシブル配管、縦横の動きを吸収しやすいスリークッション式の揺れ対策がある。また、配管素材そのものも変形に強い架橋ポリエチレン管などが有効とされている。

（５）ガラス

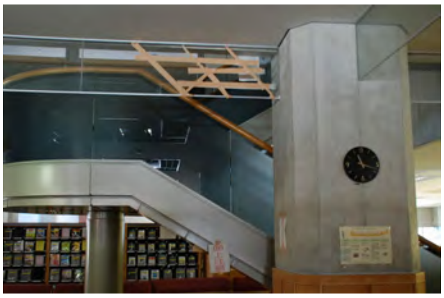
現代建築にガラスは欠かせない建材となっている。

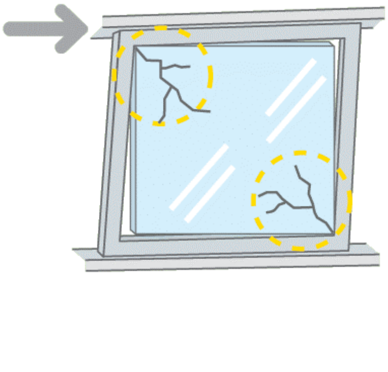
「窓ガラス」や間仕切壁となる「ガラススクリーン」の場合、ガラスを取り付ける建具は構造体に応じて変形するので、ガラスにその力が作用しないように「遊び」を取る。具体的にはガラスが脱落しないように、建具枠には計算された余裕があり、弾力のあるシーリング材で留めている。

よって、ガラスは割れないようにできているのであるが、万が一の事態も想定し、飛散防止フィルムを張ることを勧めたい。特に頭の上から破片が降ってくる恐れのあるガラス面は要注意である。なお、太陽光の当たり方によっては、飛散防止フィルムがガラスの熱割れを引き起こすこともあり、既存ガラス面に張る場合には専門家のアドバイスが必要である。

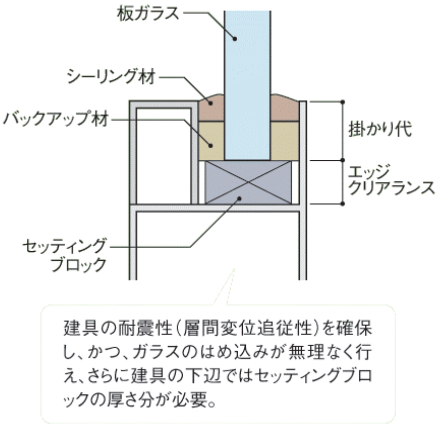
右：地震時にガラスが損傷しないように、建具のミゾの寸法が十分に確保されている図解

下：ガラス製防煙垂れ壁が割れた例





（図1）地震の揺れと窓の変形（歪み）



（図2）弾性シーリング材構法

窓面やガラススクリーン以外では、「防煙垂れ壁」、階段や吹抜けの「手すり立ち上がりのガラス面」などが要注意である。

「防煙垂れ壁」は、火災時の煙拡散を抑える防災目的のもので、それが割れて危険要因になるのは皮肉でもあるが、壁面との間にクッション材を挟んだ製品の採用や、飛散防止フィルムを張ったり、ガラス以外の割れない材料でつくるなどの対応がある。

下右図は、文部科学省が 2010 年 3 月に作成した『地震による落下物や転倒物から子どもたちを守るために～学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック～』からの引用である。このガイドブックはとてもわかりやすく図解されており、ネットでも閲覧できるので参照いただきたい。

（６）その他

落下の恐れがあるものとして、チェックすべき項目を列記する。

① **外装材**：

タイル、モルタルなど剥離、浮きが発生する恐れがある仕上材

② **ガラスブロック**：

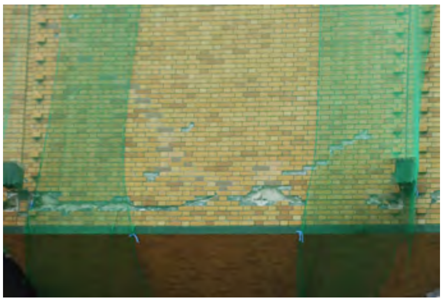
最近の工法は変形の影響を受けにくくしているが、従来工法（構造体に直接取り付ける積み方など）で周囲の変形への追従力の弱い工法は改修を勧めたい。

③ **エキスパンション･ジョイントの金物**：

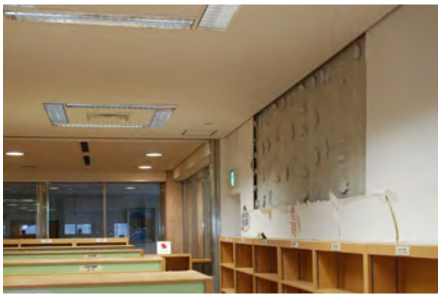
機能的には一体であっても、構造計画上、揺れ方の違う部分は別の建築とみなす。その接続部に設置した揺れを吸収する金物をいう。揺れが集中するため、他の部位よりも損壊しやすい。

④ **内装材**：

軽量鉄骨下地や木下地なしに、直接コンクリート壁等にボードを張る工法。団子状のＧＬボンドを接着剤とし、不陸調整もできるので多用されている。今回、接着の弱かったと思われるボード（部分）のはがれは、割と多く見られた。



外壁タイル剥離落下の例。危険防止ネットで養生されていた



内装材、GL工法のボード3枚分が剥がれ落ちた例。ばらつきのあるGLボンド痕に、丁寧でなかった施工がにじみ出ている

床面エキスパンション金物の損傷例

４．家具類ー本の落下対策を中心に

柳瀬寛夫
（社）日本図書館協会施設委員会委員／岡田新一設計事務所

１．本の落下の問題に対して

東日本大震災は、現代の図書館が開館時間内に見舞われた初の大地震であり、大量の「本の落下」が広範囲の図書館で発生した。今回はそれに因る大きな人的被害はなかったものの、今後この問題にどのように対処すべきか、書架の転倒の問題とともにまとめる。あわせて、他の家具類の安全性についても言及する。

本が全て落下した例。書架間に留まらず通路にまで本があふれている

書架間の通路が狭いとすぐに本で埋まってしまう

本を載せたまま、将棋倒しになった書架群

２.これまでの一般的な見解

（１）「書架」の転倒は人命を損なう可能性が高いので極力避けたい。書架を床や壁に固定することは既に常識となっているが、もともと縦横比のバランスが悪いので、「本」を含めた総重量が重いほど、また重心が高いほど、書架自体に作用する地震力が大きくなり転倒の恐れは高まる。よって、転倒限界点に達する前の「本」の落下はやむを得ないと考えられてきた。

その前提として、大学等研究機関や家具メーカーによる多くの震動実験では「本」は書架から前方に勢いよく飛び出すのではなく、下方にこぼれるように落ちる現象がほとんどであり、また１冊単位の「質量×加速度」の動体力でしかないので、よほど重い本を頭上に置かない限り、「本」は人を殺めるほどの凶器にはなりにくいとの予測が一般的だった。

（２）建築本体の揺れを抑える工法には、「免震構造」（地盤に接する免震層に地震の振動エネルギーを吸収させ、上部構造の揺れを大幅に低減させる工法）や、「制振構造」（地震の振動エネルギーを吸収する制振装置を架構に付加する工法）がある（詳細は「1.はじめに」参照）。

急性期病院や警察、消防署などでは、手術中断や緊急活動など救命を妨げる被害を受けないように、すでに積極的に採用する傾向にあったが、図書館は機能停止が直接人命につながるわけではなく、また低層かつ平面形が単純ではない（外壁線に凹凸をつけるなどの）

形状では費用対効果が落ちるため、その採用事例はごく少数に留まっていた（工事費を5～10%程度押し上げる)。

よって、図書館は一般的な「耐震構造」(地盤の揺れを受けながらも耐える工法）が多く,「官庁施設の総合耐震計画基準」等に従い、一般建築よりも設計時の想定地震入力を25%割り増す（重要度係数1.25）対応などで、地震耐力を高めてきた。

大地震時でも「建築本体」は人命を保護できる損傷に留まる前提で、「書架」は構造床や壁に強固に固定されている限り、自己倒壊さえなければまずは安全と考えられてきた。

3．平成23年3月11日「東日本大震災」で改めて顕在化した問題

（1） 建築・書架に損傷は少ないものの、大量の「本」が落下した図書館は多数。それらの現場において、「本」が載ったままでも安全ではないかとの観測が図書館員にあったと思われる。3月11日の本震で落下した本が、4月7日などの強い余震でまた落ちてしまい、再々落下しないように書架各段をビニールテープでぐるぐる巻きにして再開準備をしていた図書館が何館も見られた。その思いは理解できるものの、「本」を落下させない状態で果たして同規模余震に「書架」は転倒や損壊を免れるか、確証を得ていなかった図書館もあったと思われる。

（2） 一般的に上階になるほど揺れが大きく「本」の落下率も高くなる。すべての本や表示板が落下し、棚に何も手がかりが残っていない場合には「本」を戻しづらい。大規模図書館ほどその困難さと手間が増し、長期の復旧時間を余儀なくされたため、「本の落下」やむなしの考え方の見直しを迫る声も起こっている。

（3） その一方、書架の転倒・損壊も多く見受けられた。床・壁に固定されていたはずの書架の転倒。低いので安定していると考えられ床固定されていなかった低書架や低ロッカーの転倒も、多くの図書館で発生していた。

4．「書架」被災の実態と教訓

4-1.床・壁に固定されていたはずの「書架」の転倒・損壊

（1）「壁面書架」の転倒：おおよそ3つの原因に分類できる

a-①例：アンカーボルトがモルタル仕上厚に留まり、構造体に達しておらず簡単に抜けた例

a-②例：建具周りの木枠に留めていたので簡単に抜けてしまった例

a-③例：留め金具は手前2ヶ所のみ。奥上部にはなく、留め方のバランスを欠いた例

c-①例：手荷物用コイン式ロッカー。1.5m程度の高さでも転倒した。揺れで中の荷物が片寄った側に重心がずれ倒れた

① 「アンカーボルト長さ不足」により、壁に強固に留められていなかった例

特に、鉄筋コンクリート表面に厚みのある仕上材が施してある壁が要注意。例えば、モルタル塗30mm程度、外壁内面・石膏ボードGL工法（断熱材含）60mm程度など。

つまり、仕上厚を貫通し、強固な壁に十分に固定できる長さのアンカーボルトを確実に打ち込まなければ意味がなく、仕上げや下地の違う壁ごとに、その取り付け方法を入念に決めていく確実さが不可欠である。

② **取り付ける「壁そのものの強度」に問題のあった例**

非耐力壁であるボード張、木造間仕切壁などに固定していた場合は、アンカーボルトは簡単に引き抜かれていた。よって、固定に値する壁であるかを検証し、不十分な場合には、壁そのものの強化あるいは補強材を入れるなどの対策が必要である。

③ **取付位置の「バランスが悪かった」例**

例えば2連書架は両端、中央側板（柱）の3ヵ所固定が原則。片端、中央の2ヶ所しか固定していなかった例では、止めてない片端からもぎ取られるように転倒した形跡がある。特に、既存転用や増設の場合には、留めたくても留める相手がないので、片寄った固定にせざるを得なかった壁面書架もあるだろうが、バランスの悪さは特定部分の破壊を加速あるいは集中させる恐れもある。

（２）「中置書架」の転倒

① **床固定方法が不完全であった例**

床も仕上げ材によりその厚みが違うので、構造体へのアンカーボルト呑込み寸法が不足する可能性がある。ちなみにフローリングは貼付モルタルを含め40mm下に構造体（床）がある。空調または電気配線用二重床においては、100～200mmを越える場合がある。その場合には、下の構造床面まで書架の脚を伸ばして対応するが、書架高さが増すことを意味するので、不安定になる分、補強を要する。

② **中置書架群の転倒防止頭つなぎがあっても転倒（将棋倒し）した例**

頭つなぎ鋼材を壁面まで延ばした方が逆に倒壊する可能性が高くなることを実証する被災例が多かった。構造体と書架とでは揺れの周期が違うので、ぶつかりあう動きとなる時には、弱い方の書架に被害が出る。（天井仕上材の破壊・落下と同じ現象であり）むしろ壁とは縁を切って、中置書架のみを頭つなぎで連結させ、構造体とは独立した書架群独自の揺れをさせた方が事故が少ないと考えられる。

（３）「低書架、ロッカー等」の転倒

① 背の低い書架やロッカーでも、積載物の移動によりバランスを崩しやすければ転倒することが実証された。重量物を収納するのであれば、低くても床固定が望ましい。

既存の図書館においては、上記各項目の視点で、壁面および中置書架やロッカー等それぞれに、その高さに係わらず床・壁固定状況の再検証を勧めたい。

４-２.書架の自壊。これは書架本体の強度の問題

「本」を含む自重に耐えられなかったケース。早めに「本」が落下していれば書架本体の損壊を免れた可能性はあるが、これは個々の強度の問題なので、総点検が望まれる。メーカーの違い、品番（材種、部材寸法、組み立て方等）、製造年代など、個々に検証するしかない。スチール書架ばかりではなく、組み立て式の木製書架の自壊事例もあった。

５．落下防止装置・用具の種類と「使用上の注意書」の必要性について

５−１．共通事項

次項のように有益な手段といえるが、「本」を落下させない目的のものであり、地震時に本が載った重さのままでも書架転倒を起こさないことが「絶対の前提条件」となる。また実績のある装置･用具はそれぞれに特徴があるので､採用しようとする書架や場所の目的に応じ､個々に適性を判断すべきと考える。特に、既存書架に設置する場合にはその書架の安全性の検証がまずは必要。全段でなく、頭より高い上部１〜２段程度のみ採用を働きかけているメーカーもある。

公共施設において、書架転倒防止策は当然の責務とみなされる。「図書館」側はもちろん、「図書館家具･用品メーカー」側もＰＬ法等により追求される責任がある。薬品などと同様に、「図書館家具・用品メーカー」は「取扱説明書」を完備し、採用にあたっての条件や注意点の説明に努める義務がある。また図書館側は、その理解と正しい使い方の徹底が求められる。

５−２．種類：実績のある商品を列記する

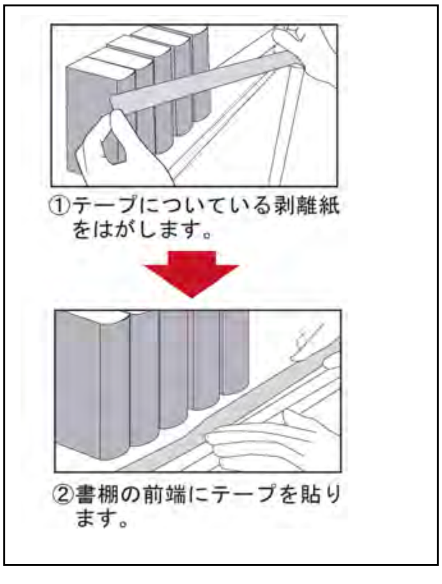
図版は各メーカーより提供いただいた。説明内容もそれぞれ確認済みである。

（１）落下防止シート（商品名：安全安心シート･キハラ）

特殊発泡樹脂シート。棚に敷くだけで簡単、メンテナンス不要、棚板の材質を選ばない、位置替えが簡単などの手軽さに利点がある。専門機関との共同実験では震度６弱まで本の落下を防止する効果が実証されている。摩擦により本の落下を防止する仕組みなので、取扱説明書に従い、日常利用に慣れが必要である。利用頻度の高い棚の場合には試用を勧めたい。

（２）落下防止テープ

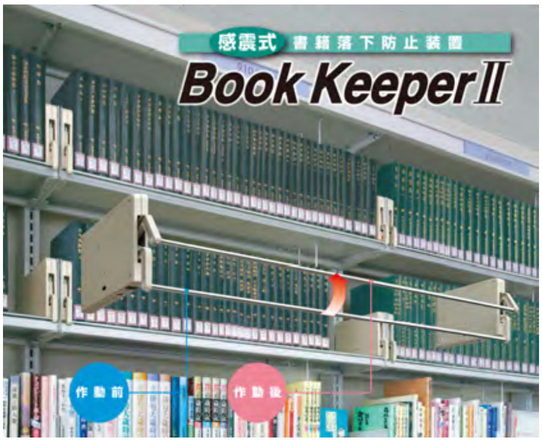
（商品名：図書落下防止用テープＧＮ０１・住友スリーエム）



0.275ｍｍ厚・25ｍｍ幅テープで、表面特殊加工ウレタン・裏面基材入りアクリル系粘着剤、棚板前端に接着する。安価で簡易な対処方法。メーカー説明では、実験にて震度６弱まで本の落下を防止する効果が実証されており、奥行のある棚で本がテープの上に載っていない状態でも効果を発揮するとのこと。（１）と同様、摩擦により本の落下を防止する仕組みであり、テープ幅が狭いので、留める効果と取り出しやすさの検証、および張る位置決めのための試用を勧めたい。

（３）感震式落下防止バー設置（商品名：ブックキーパー・日本ファイリング）

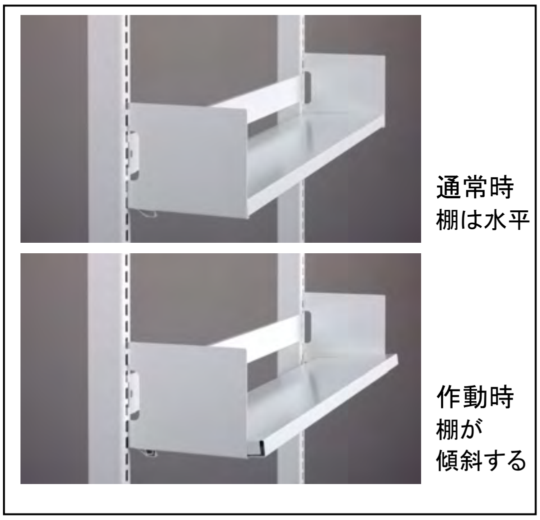
震度４レベルの揺れを感知すると自動的に棚の前にバーが上がり、本の落下を抑える仕組みで、ほとんどの書架に取り付けられる構造になっている。バーは軸回転により上がる構造で、バーは棚板前面よりも少し前に出る。震度６レベルの揺れ方によっては、本がバーまで勢いよくスライドし、重心が手前に移動する。よって、可動式棚板と棚受ダボの形状によっては、棚板ごと手前に落下しないように棚受ダボから外れない工夫が必要である。



（４）感震式棚板傾斜セット

（商品名：書架専用傾斜スライド棚板セット・金剛）

震度５程度で棚板がスライド・傾斜し、本を落下しづらい状態にする機構。スライドした棚は色別でき手動で復旧できる。既存書架にも棚板１枚、棚受ブラケット２枚の交換でセットできる（当該会社製品に限定）。ただし傾斜する分、棚高さの余裕が必要なので、ぎりぎりの高さの本が入っている場合には作動しないことも想定に入れ、運用すべきである。



６．今後、「本の落下」について、どのような対策が可能か

６－１．「本」を可能な限り落下させない対策

（１）建築本体を揺れないようにする

前述の「免震構造」や「制振構造」など、建築の揺れそのものを減らす工法を採用し、「本の落下」を抑えることが、最も安全な解決法といえる。工事費は上がるものの、公共建築の中でも極めて多くの住民を集める施設であることから、安全・安心を優先する考え方は確実に広まるものと思われる。

（２）書架や展示ケースなど、個々の揺れを抑える

建築全体ではなく、書架や展示ケースなど積載物を落下させたくない家具に「免震機構」を取り付ける方法。既存建築にも導入できるのが利点。

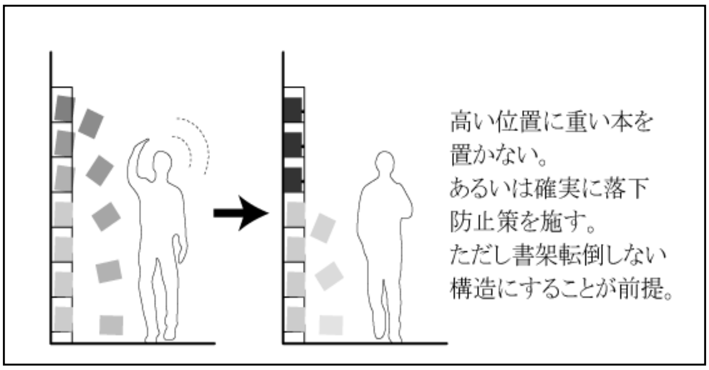
６－２．「本の落下」やむなしと考える場合の注意点

（１）頭より高い位置に、重い本を置かない、あるいは確実に落下防止策を施す

① 地震国における公共建築とし

て､高すぎる書架の採用は慎重にならざるを得ない。美術書、参考図書など重い本は低い位置に排架する計画を考える。

② 高い位置に置かざるを得ない場合は､まずは書架を転倒しない構造としたうえで､確実に落下を防止すべきである。

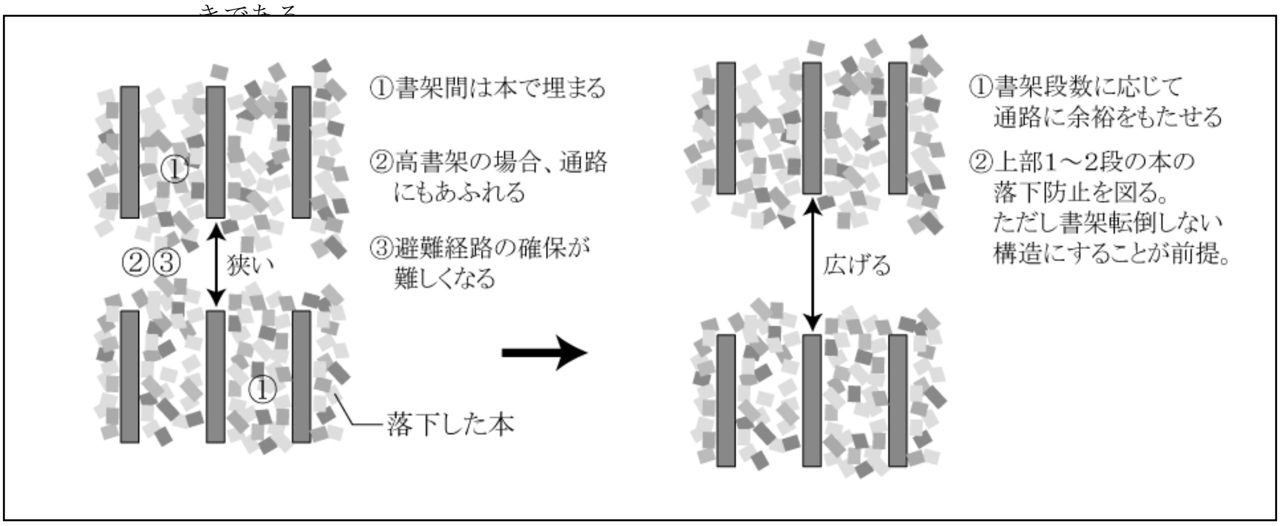


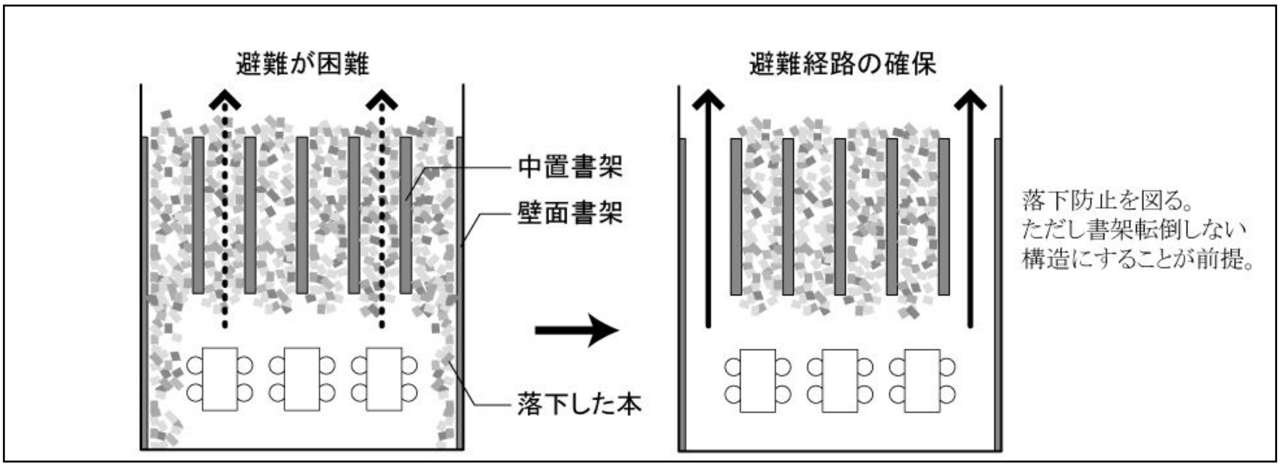
（２）避難経路に、本を落とさない

① 館内利用者の避難経路を想定し、それを塞ぐような落とし方を避ける。また常に２方向に避難（迂回）できることを確認しておく。

② 壁面書架は、避難経路を塞ぐので要注意。周囲にゆとりのある避難経路を確保した中置書架群は、書架間通路に集中して本が落ちるので（周囲に広がりはするが)、脱出しやすい。

③ 中置書架の最端列と壁面書架が並行に配置されている閲覧室は、収容効率が高く、本に囲まれた雰囲気も演出しやすいのであるが、本が落下した場合には、全く平場がなくなり避難渋滞が発生する可能性があるので、避難経路確保の対策を講じるべきである。





（３）棚に戻しやすい痕跡を残す

① 大規模図書館ほど落下した本を棚に戻す困難さと手間が増し、長期の復旧時間を余儀なくされた。その原因のひとつは、すべて落下した棚には、排架位置を示す痕跡が全くなくなったため、適切に戻せる人材が限定されたことによる。よって、部分的に本が落下しない棚を仕込む、サインを落下させない、記憶を残すための運用上の工夫などが望まれる。

（４）上記の理由により、本の落下を避けたい書架の総点検

① 本の落下を避けたい書架の場合、冒頭述べたように転倒しやすくなるので、書架の強度および床や壁への固定方法を総点検し、安全性を確認する。

② そのうえで、上記４．２）の方法などにより本の落下を防止する。前述のように、どの方法を採用する場合であっても、「取扱説明書」の理解が不可欠である。

ちなみに、棚板を10～15ｍｍ程度手前を高くセットするだけでも、本は落下しにくくなるはずである。これからつくる書架、あるいは既存書架でも、可動間隔の細かい（12.5ｍｍ程度までの）書架であれば手前を１目盛高くセットすることも可能と思われる。

また、展示ケースのように透明アクリル扉をつけて落下を防ぐことも考えられる。扉は地震時に開かないように耐震ラッチ付が望ましい。

７．その他の家具の安全性

（１）壊れると危険なもの

① ガラスケース、水槽など

破損すると破片が危険な備品類は、置き場所や置き方に注意する。特に迂回できない避難経路に置かないようにしたい。材質を透明アクリルに替える、または飛散防止フィルムを張る方法もある。

② パソコン台、視聴覚ブースなど

パソコンやモニターを、コンピュータストラップ、粘着ゴムなどにより固定する。

（２）動いて危険をもたらす恐れのあるもの

① 吹抜けや階段近くの家具・備品

落下の原因となる家具や備品（パーツが外れることもある）は置かないようにする。これなどは重要な日常点検項目のひとつ。

② 棚の上の重量物（事務室など）

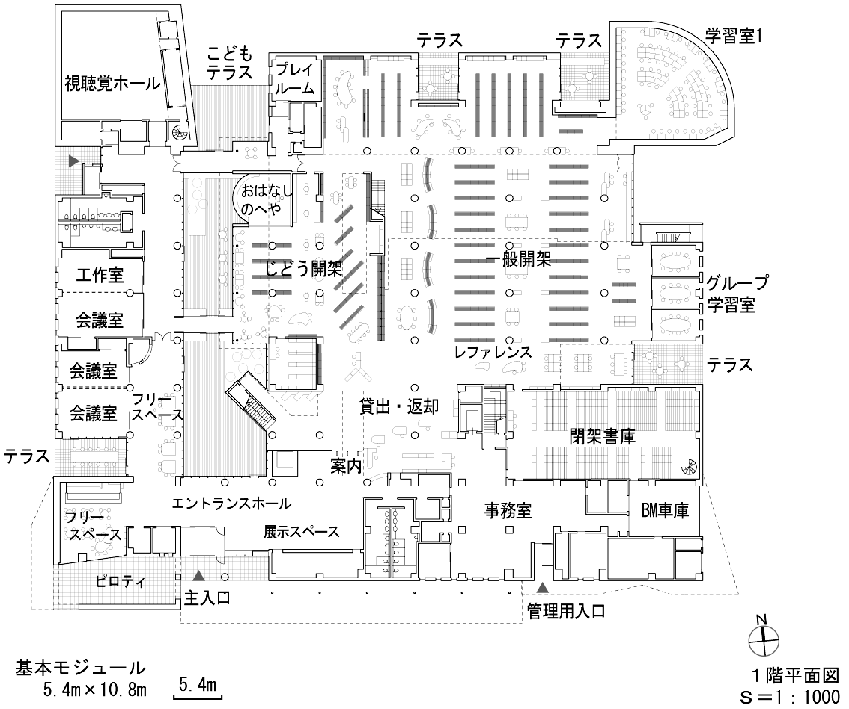
基本的に置かない。置き場として使う場合には、棚の前面に副木（立ち上がり材）を付けて滑り落ちないようにしたい。

③ キャスター付備品、代表的なものとしてブックトラック

地震時に走って人やガラス窓等に激突することを危惧する声をよく聞くが、今回の震災でもそのような事態の報告はない。せいぜい数十ｃｍ動いたり、平台の上に載っていた本などが落下した程度である。建築に固定していないということは「免震」と同

じなので、床が傾く事態に陥らない限り、大きな外力は加わらない。よって素早く動き回ることはなく慣性力でどの程度動くか程度との予測の方が現実的と思われる。

ただし日常の腱鞘炎防止のためにも、大型複式ではなく片面小型タイプに切り替えた方が無難と考える。



日進市立図書館

「開架スペースの書架レイアウト」

1 階の一般開架室では、一般書架群を大まかに3グループに分けている。その配置に関して配慮したこと。

① OPACやパソコン席をそれぞれ並列させて印刷媒体とデジタル情報のハイブリッド利用を促す

② 全体に回遊性を持たせ、「使いやすさ」とともに「人の気配を感じさせる」死角減少＝防犯効果を高める

③ 中置書架を中心に。壁面書架は排架の流れがわかりにくいので最小限に抑える

このような日常の利便性や安全性の配慮が、震災時に本が落下したとしても、避難経路を残せる平面計画につながった。つまり、非常時の安全性は、日常の延長上にあるといえる。

所在地：愛知県日進市蟹甲町中島3
開　館：2008 年 10 月
規　模：延 6,101.83 ㎡／RC,地上 2 階
蔵　書：開架 18 万冊、閉架 30 万冊
設　計：岡田新一設計事務所

添付資料-２「第 30 回図書館建築研究会・図書館建築・既存施設からの転用を考える」テキストより抜粋

学校からの転用・３例の位置づけ

（付．構造・積載荷重条件――「学校から図書館」へ転用する場合の制約について）

柳瀬寛夫
（社）日本図書館協会施設委員会委員
（岡田新一設計事務所）

本文省略

付．参考

構造・積載荷重条件――「学校から図書館」へ転用する場合の制約について

１）建築基準法施行令第 85 条（積載荷重）他、法的条件による「学校」と「図書館」の違い

「既存建築・学校」の空きスペースを「図書館」に転用する場合の制約について、積載荷重条件から検証する。

『建築基準法施行令』第 85 条の条文では「当該建築物の＜実況＞に応じて計算する」とあるが、標準的な「室の種別」については、積載荷重の＜基準＞が示されている（下表）。

構造計算の対象 室の種類			(い) 床の構造計算をする場合(単位　1平方メートルにつきニュートン)	(ろ) 大ばり、柱又は基礎の構造計算をする場合(単位　1平方メートルにつきニュートン)	(は) 地震力を計算する場合(単位　1平方メートルにつきニュートン)
(1)	住宅の居室、住宅以外の建築物における寝室又は病室		1,800	1,300	600
(2)	事務室		2,900	1,800	800
(3)	教室		2,300	2,100	1,100
(4)	百貨店又は店舗の売場		2,900	2,400	1,300
(5)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場その他これらに類する用途に供する建築物の客席又は集会室	固定席の場合	2,900	2,600	1,600
		その他の場合	3,500	3,200	2,100
(6)	自動車車庫及び自動車通路		5,400	3,900	2,000
(7)	廊下、玄関又は階段		(3)から(5)までに掲げる室に連絡するものにあつては、(5)の「その他の場合」の数値による。		
(8)	屋上広場又はバルコニー		(1)の数値による。ただし、学校又は百貨店の用途に供する建築物にあつては、(4)の数値による。		

上表のように、最近は重さの単位に、N／㎡（ニュートン・パー・平方m）が採用されている※2が、古い施設の建設当時は（単位 kg／㎡）を使用しているので、それに置き換えると、以下のようになる。

※２　単位のみの違いで絶対荷重はほぼ同じ。１kg／㎡＝9.807N／㎡

「教室」:・床構造を計算する場合の「積載荷重」＝230 kg／㎡
（・地震力を計算する場合の「積載荷重」※3＝110 kg／㎡）
「事務室（職員室など)」:
・床構造を計算する場合の「積載荷重」＝300 kg／㎡
（・地震力を計算する場合の「積載荷重」＝ 80 kg／㎡）
※３「地震力」計算の考え方については、後述。

『建築基準法施行令』第85条では、「図書館の開架室」にそのまま当てはまる数値は提示されていない。それは、書架間隔や高さにより実際の荷重は大きく変わるので、そのつど「実況」に応じて適切に定めるべきとの考え方による。

なお、『学校建築構造設計指針・同解説（平成8年版)』では、学校における「図書館閲覧室」「一般書庫」の用途において、〝一般には〟として、以下の目安がうたわれている。

学校における「図書館閲覧室」:
・床構造を計算する場合の「積載荷重」＝600 kg／㎡
（・地震力を計算する場合の「積載荷重」＝500 kg／㎡）
学校における「一般書庫」:
・床構造を計算する場合の「積載荷重」＝800 kg／㎡
（・地震力を計算する場合の「積載荷重」＝500 kg／㎡）

公共図書館では、通常、一般開架スペースは、書架間隔が広めなので、

公共図書館における「開架室」:
・床構造を計算する場合の「積載荷重」＝500～800 kg／㎡
（・地震力を計算する場合の「積載荷重」＝400～500 kg／㎡）

程度の範囲から、設計者が適宜設定しているのが現状である。

また、集密書庫など、特に重量物が置かれるスペースは、＜実況＞に応じて、加算して計算する（床 1200 kg／㎡、地震力 750 kg／㎡程度)。

このように、用途に応じて各室ごとの積載荷重の設定は違い、「図書館の開架室」は「学校の教室や事務室」とは格段に重い物が載る前提で頑丈にできている。ひとつの建築内でも部屋ごとに一律でないのは、必要性に応じた設計を誘導し、過剰なコストと資源を省く政策といえる。逆にいえば、転用設計するにあたって「当該建築物の各部の積載荷重」の一覧を「構造計算書」にて正確に把握することが重要で、「設計当初の構造計算書」が保存されているかどうかが、まずはポイントとなる。これらの数値をもとに、「学校」から「図書館」への転用にあたっては、建築の耐力の違いに応じて、

① 通常より広い書架間隔＋低書架にする、パソコンや読書スペースを増やすなど、積載荷重の低減を図る。
② 既存の固定荷重＝下地や仕上材料（例：石張り）を撤去のうえ軽い素材とし、その分を

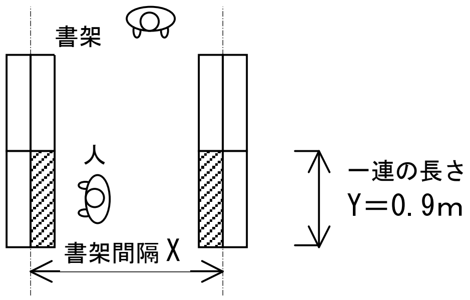
積載荷重に廻す　などの対応が求められる。

２）一般的な書架配置モデルの検討

それでは、実際に図書館の一般開架室に置かれる書架や本は、どのくらい重いのであろうか。標準となるモデルを設定して試算してみたい。

まずは、下図において、Ｘ－Ｙ間を標準的な最小単位（NET）とする。

（１）最小単位（NET）の面積



書架間隔Ｘ＝1.8ｍの事例が最近では多い（ユニバーサルデザインであるための最少寸法)。

この単位の床面積は、

Ｘ×Ｙ＝1.8×0.9＝1.62 ㎡　…①

（２）１つの最少単位（NET）あたりの積載荷重

「書架・サイン」＋「人」＋「本」の合計とする。

・「書架･サイン」／複式１連　　　：60kg　…②

・「人」（多めに見て 0.5 人とする）: 30kg　…③

ここで、「本」の大きさや重量は、分野によって違いがある。

以下、＜幅 90cm の棚１段あたりの「本」の重量＞

Ａ５判までが中心・９類など（1 段の高さピッチ 250㎜ 程度）＝15～25kg　…④

Ｂ５判が中心（1 段の高さピッチ 300㎜ 程度）　＝30kg　…⑤

Ａ４判が中心（1 段の高さピッチ 325㎜ 程度）　＝45kg　…⑥

Ｂ４～Ａ３判が中心（1 段の高さピッチ 400～450㎜ 程度）　＝50～60kg　…⑦

６段とした時の＜書架一連（複式）に収まる本の荷重＞は、

９類など一般書架（H1.8ｍ程度）: ６段×25kg④×２＝300kg　…⑧

４類など一般書架（H2.0ｍ程度）: ６段×45kg⑥×２＝540kg　…⑨

参考図書用書架（H2.1ｍ程度）:　６段×60kg⑦×２＝720kg　…⑩※４

※４　参考図書等でこの重さの場合、高くて５段程度であるが比較のため６段で計算する

以上より、＜１最少単位（NET）あたりの積載荷重＞は、

９類・雑誌など（②＋③＋⑧）÷①＝（60＋30＋300）÷1.62＝ 240kg／㎡ …⑪

４類など　　　（②＋③＋⑨）÷①＝（60＋30＋540）÷1.62＝ 390kg／㎡ …⑫

参考図書など　（②＋③＋⑩）÷①＝（60＋30＋720）÷1.62＝ 500kg／㎡ …⑬

次に、平均値を算出する。一般的な公共図書館の場合で、９類・雑誌など約 50%、４類など約 30%、参考図書など約 20%の比率と仮に設定すると、＜１最少単位（NET）あたりの平均の積載荷重＞は、

240×0.5＋390×0.3＋500×0.2＝ 平均　337→340kg／㎡ …⑭

実際は、通路や座席スペースがあるので、＜開架室全体＞で見れば、

その 60～70%として、　　340⑭×（60～70%）＝平均 200～240kg／㎡ …⑮

最も重い参考図書部門でも、　　500⑬×（60～70%）＝　　300～350kg／㎡…⑯
程度と捉えることができる。

新築図書館設計における『床構造を計算する場合の「積載荷重」』＝540～800 kg／㎡（前述）は、⑪～⑯に対し、施工上、運用上の偏りや想定以上の積載荷重があったとしても、十分に安全を担保できる設定値であるといえる。

ただし、学校「教室」の『床構造を計算する場合の「積載荷重」』は、230 kg／㎡（前述）なので、上記設定モデルの書架間隔（1.8m）、段数（６段）では重量オーバーしてしまう。よって軽減を図る必要がある。

３）積載荷重：「床」計算用と「地震力」計算用の、数値の違いについて
（建築物全体に載せられるモノの総量に違いがある）

さらに、検証すべきことは、「建築物全体の総重量について」である。

地震時に耐えうる建築物を構造設計する場合、**①その建築物の自重**（構造体、内外装材等）と、**②全体に載ると想定されるモノの総重量**（＝地震力を計算する場合の「積載荷重」×「床面積」の和）をもとに計算する。

＜床の構造計算をする場合の「積載荷重」＞には、その対象となる床の荷重分布のバラツキや、人の歩行などを反映した集中係数や衝撃係数、またその床自体の余裕度が加味され、それを元に床や梁部材の計算を行うことになる。

一方、例として「教室」において、＜床の構造計算をする場合の「積載荷重」＝230 kg／㎡＞に対し、＜地震力を計算する場合の「積載荷重」＝110 kg／㎡＞という値が小さいのは、建物に固定されていないモノや人が地震時に滑動し、建築物と一体となった動きをするわけではないので、＜床の構造計算をする場合の「積載荷重」＞とは異なり、荷重の値を小さく設定できるとの考え方による。逆に、図書館においては床固定された重量物の割合が大きい分、建築物と一体となってより激しく揺れ動く恐れが増すため、＜地震力を計算する場合の「積載荷重」＞は、余り低減できないのである。

このように、＜地震力を計算する場合の「積載荷重」＞は、自重と合算して地震時に揺れ動く建築物全体の総重量を計算するための設定値であり、＜床の構造計算をする場合の「積載荷重」＞の“局所的”な検討に加えて、建築物“全体”の積載重量と地震計算用重量との関係を把握することが重要となる。

従って、教室全体にまんべんなく230 kg／㎡のモノが載せられるわけではない。ただし、廊下等ほとんど載るモノのない部分も均して、全体に載るモノを総合的に計画し、床用・地震用それぞれの積載荷重に対して安全であるように、かつ、少しでもニーズ＜実況＞に合うように各部の家具配置に反映させていくことはできる。

「学校から図書館」へ

積載荷重をどのように軽減するか――、例えば低書架のみとし車椅子利用者でも全ての棚に手が届く、パソコンや読書スペースなど軽い部分を多くする等、逆手に取ったアイデアもあわせて、その可能性の検証は慎重かつ綿密に行われるべきである。